

# Создание оптимальных условий транспортировки ионизированного кластерного пучка

Чиненов Семён Тимофеевич

Новосибирский национальный исследовательский государственный университет

Яскин Александр Сергеевич, к.т.н.

[s.chinenov@g.nsu.ru](mailto:s.chinenov@g.nsu.ru)

Кластерные пучки нашли применение в таких областях как полировка поверхностей [1], нанесение плёнок, получение наноструктурированных материалов. В настоящее время интенсивно исследуются процессы формирования кластеров в сверхзвуковых газовых потоках, влияние ионизации газовых кластеров на их состав и структуру, на протекание реакций синтеза и распада с участием кластеров. Для определения состава продуктов плазмохимических реакций в таких потоках применяются масс-спектрометры. Типичная газодинамическая установка с блоком молекулярно-пучковой масс-спектрометрии представляет собой последовательность вакуумных камер, разделённых коллимирующими диафрагмами (скиммер, коллиматор) с отверстиями малого диаметра. Получение кластеризованного потока частиц происходит за счёт адиабатического расширения газа через сверхзвуковое сопло в вакуум. В отличие от нейтрального, в ионизованном газовом потоке кулоновские силы расталкивания затрудняют доведение заряженных частиц до детектора масс-спектрометра.

Целью работы является поиск оптимальных условий транспорта изучаемой пробы из сверхзвуковой струи конденсирующегося газа через скиммер и коллимирующую диафрагму молекулярно-пучковой системы на датчик масс-спектрометра.

Работа выполнена на установке ЛЭМПУС-2 отдела прикладной физики физического факультета НГУ [2]. Принципиальная схема экспериментов приведена на рис. 1. С целью выбора оптимальной системы фокусировки, ограниченной набором электростатических линз, в силу технологических ограничений, выполнен цикл моделирования процесса транспортировки при помощи программного пакета SIMION. Проведены и испытаны варианты ионизации газовой струи электронным пучком в послескиммерной и основной секциях. Результаты по регистрации ионизированных в послескиммерной секции частиц показали, что подача напряжений на скиммер, коллимирующую диафрагму и входную щель масс-спектрометра создаёт систему замкнутых силовых линий, по которым движутся заряженные частицы [3], достаточную для разрешения спектрометром сигнала с величиной тока, оцениваемым в 1 мкА. При помощи цилиндра Фарадея был зарегистрирован поток ионов, достигающих середины послескиммерной секции, совпадающий с оценками. В качестве рабочих газов в экспериментах и модельных расчётах использованы легко конденсирующийся аргон и слабо конденсирующийся азот. Заданные режимы истечения предусматривали формирование кластеров в широком диапазоне размеров, от олигомеров до тысячемеров. Установлены оптимальные условия транспорта кластерных ионов до детектора масс-спектрометра. Построены зависимости интенсивности полезного сигнала от параметров ионно-оптической системы, давлений в системе, расстояния между соплом и скиммером.

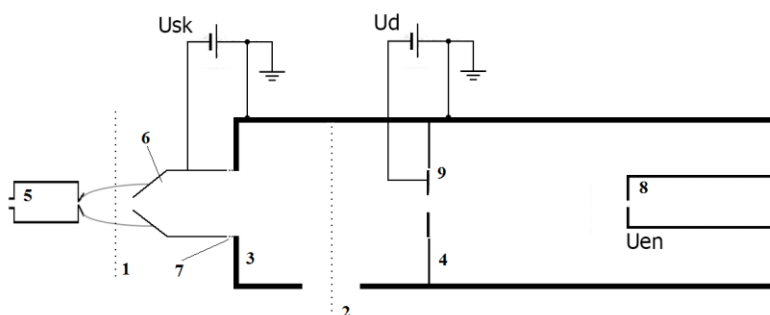


рис.1. Схема экспериментальной установки: 1,2 – Варианты расположения электронного пучка, 3 – Послескиммерная секция, 4 – Детекторная секция, 5 – Форкамера со сверхзвуковым соплом, 6 – Скиммер, 7 – Диэлектрическая подложка, 8 – Масс-спектрометр Hiden EPIC 1000, 9 – Коллимирующая диафрагма,  $U_{sk}$  – напряжение, подаваемое на скиммер,  $U_d$  – напряжение, подаваемое на коллимирующую диафрагму,  $U_{en}$  – напряжение на входной щели масс-спектрометра.

## Список публикаций:

- [1] D.R. Swenson, E. Degenkolb. Study of gas cluster ion beam surface treatments for mitigating RF breakdown // 12<sup>th</sup> International Workshop on RF Superconductivity
- [2] Ходаков М.Д., Зарвин А.Е., Коробейщиков Н.Г., Каляда В.В. Масс-спектрометрия сверхзвуковых кластеризованных потоков метана и аргон-метановых смесей // Вестник НГУ: Серия «Физика», 2012, т. 7, вып. 3, с. 84-95.
- [3] Арцимович Л.А. Лукьянов С.Ю. Движение заряженных частиц в электрических и магнитных полях//«Наука», 1972 г.